

**ESTUDO DO ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO DA  
BARRAGEM DO RIO PASSAÚNA - CURITIBA - PR**  
*THE STUDY OF PASSAÚNA'S RIVER BARRAGE WITH ITS RESERVOIR  
SEDIMENTATION, CURITIBA (PR)*

Rosa Maria Sauniti<sup>1</sup>  
Luiz Alberto Fernandes<sup>2</sup>  
André Virmond Lima Bittencourt<sup>2</sup>

## RESUMO

O reservatório da barragem do rio Passaúna situa-se nos municípios de Curitiba e Araucária, no compartimento geomorfológico denominado Primeiro Planalto Paranaense. A pesquisa visou caracterizar o assoreamento ocorrido no reservatório, que é utilizado para abastecimento público de água. Para avaliação do potencial erosivo foi gerado um mapa para a bacia hidrográfica com base em parâmetros de clima, geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo. Esses fatores, sucessivamente integrados, possibilitaram discriminar as áreas em classes de diferentes potenciais erosivos. A área do reservatório também foi objeto de investigações diretas, com análise do material depositado no lago. No período entre seu enchimento em 09/1990 e a amostragem em 11/2002, registraram taxas de assoreamento entre 0,66 a 3,04 cm/ano. Na área do entorno do reservatório foram identificadas fontes de produção de material sedimentar. Através do imageamento do fundo do reservatório verificou-se a ocorrência de assoreamento em vários pontos no antigo canal principal do rio Passaúna e na foz de tributários. As condições urbanísticas existentes no ano de 1991, comparadas ao ano de 2002, indicam que houve degeneração para situações mais críticas, relacionadas com o tipo de uso e ocupação, sobretudo pela intensificação das áreas com urbanização, e condições deficitárias de infra-estrutura de saneamento urbano. Os resultados permitiram caracterizar o assoreamento, identificar áreas-fonte e indicar medidas de mitigação, visando reduzir o processo erosivo da bacia hidrográfica e o assoreamento do reservatório.

*Palavras-chave:* Passaúna, assoreamento sedimentologia, água, Curitiba.

1 Saneamento do Paraná, Sanepar – [rosamaria@sanepar.com.br](mailto:rosamaria@sanepar.com.br)

2 Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Cx. Postal 19001, CEP 81531-990, Curitiba, Paraná, Brasil  
[lufernandes@ufpr.br](mailto:lufernandes@ufpr.br) / [andre@ufpr.br](mailto:andre@ufpr.br)

## ABSTRACT

The reservoir of the river Passaúna's barrage is located in cities of Curitiba and Araucária, within geomorphologic compartment named Paranaense First Plateaus. The research aimed at characterizing the silting occurred in the reservoir, which is used for public supplying of water. In order to evaluate the erosive potencial, it was created a map to the hidrographic basin based on parameters of climate, geology, geomorphologic, pedology, use and occupation of the soil. These factors, successively integrated, made possible the discrimination of areas in classes of different erosive potential. The area of the reservoir was also directly investigated, with analysis of the deposited material in the lake. At the period between its wadding in 09/1990 and the sampling in 11/2002, it was registered silting taxes between 0,66 to 3,04 cm/ano. In the area around the reservoir, there were sources of production of sedimentary material. By means of imaging of the deep's reservoir, it was noticed the occurrence of silting in several points in river Passaúna's old main canal and in the foz of the tributaries. The urbanistic conditions in the year of 1991, compared to the year of 2002 indicates that it had degenerated for more critical situations, related with the type use and occupation, over all by the intensification of urbanization areas, and deficit conditions of infrastructure of the urban sanitation. The results let the characterization of the silting, to identify source-areas and to indicate procedures to reduce the problems, aiming at reducing the erosive process of the hidrographic basin and the reservoir's silting.

*Key-words:* Passaúna, silting, sedimentology, water, Curitiba.

## INTRODUÇÃO

O mito de que a água é abundante no planeta e é um recurso renovável, hoje, felizmente, foi derrubado. Com o crescimento da população e a urbanização, tais recursos tornaram-se escassos em quantidade e qualidade, mais difíceis de se obter e conservar, e mais caros para captar, distribuir, prover e ampliar.

Por exemplo, no Brasil, que ainda vive sob a cultura da abundância e detém cerca de 12% das reservas de água doce do planeta, as águas são mal distribuídas, com grande concentração na Amazônia. Os estados da Paraíba e Pernambuco, por exemplo, sofrem problemas de abastecimento e as populações são submetidas a rodízios de até 48 horas. Os dois estados estão abaixo do índice de 2,5 mil m<sup>3</sup> / habitante / ano, considerado o mínimo pelas Nações Unidas. Em São Paulo cerca de 3 milhões de pessoas ficam sem água nos períodos de estiagem. Há quatro regiões paulistas com índice abaixo do índice das Nações Unidas, sendo que, na região metropolitana, a disponibilidade de água é a menor do país (200 m<sup>3</sup> / hab / ano), obrigando a importação de água de sistemas de bacias hidrográficas vizinhas e a construção de barragens para armazenamento e reserva de água.

A construção de uma barragem para armazenamento de água de um rio altera as condições naturais de transporte de partículas sólidas, agindo como um meio artificial de retenção de sedimentos (Carvalho 1991). Todos os rios transportam matéria sólida, seja em suspensão, seja pelo arraste, rolamento ou saltação de partículas junto às paredes do leito ou no fluxo aquoso (Suguio & Bigarella 1979).

A deposição contínua ou gradual do material carregado pelos cursos d'água no interior do reservatório, chamado de assoreamento, é devida à diminuição de velocidade e da turbulência das águas, que causa sua perda de capacidade de transporte.

A área estudada foi a bacia hidrográfica do reservatório da barragem do rio Passaúna. Localiza-se no Primeiro Planalto Paranaense, figura 1, entre os paralelos 25° 15' – 25° 35' Sul e os meridianos 49° 25' – 49° 20' Oeste. Abrange parte dos municípios de Curitiba, Araucária, Campo Largo, Campo Magro e Almirante Tamandaré. Trata-se de uma sub-bacia do rio Iguaçu, com cerca de 150 Km<sup>2</sup> de superfície.

O substrato da bacia hidrográfica do rio Passaúna é composto por rochas metamórficas e ígneas do embasamento proterozóico, representado pelo Complexo Atuba e Grupo Açungui, diques de diabásio de idade mesozóica, sedimentos da Bacia de Curitiba, da Formação Guabirota e Depósitos Quaternários (Salamuni et al. 1999). Em seus aspectos geomorfológicos, apresenta-se heterogênea, com relevo forte ondulado e ondulado formado por morros, colinas e outeiros, altimetricamente variando de 875 a 1050 metros (Embrapa 1984).

Segundo o sistema de Koeppen, o tipo climático dessa área é o Cfb, que é mesotérmico úmido, sem estação seca, temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e verões frescos. Para o ano de 2002 a temperatura média máxima registrada foi de 21,8 °C (Simepar 2003). A ocupação da área da bacia hidrográfica iniciou-se em 1876, no município de Araucária, a partir da fundação da Colônia Tomás Coelho.

Após a construção da barragem do rio Passaúna, de 1985 a 1989, e o represamento da água da bacia



Figura 1: Localização do reservatório e da bacia hidrográfica do rio Passaúna. *Localization of the reservoir and hidrographic basin of the Passaúna.*

hidrográfica, a partir de 09/1990, o material gerado na bacia passou a ser retido em grande parte no reservatório, dando início ao processo de assoreamento e conseqüente diminuição progressiva na capacidade de armazenamento e da sua vida útil.

A implantação do sistema público de abastecimento de água da região, a ocupação antrópica pela expansão dos municípios no entorno do reservatório, o desflorestamento e o crescimento da área com agricultura na bacia hidrográfica causaram impactos imediatos no reservatório não só pelo aumento de cargas difusas e esgotos clandestinos, mas também pela produção de sedimento.

## OBJETIVOS

Esta pesquisa buscou caracterizar a atual situação de erosão na bacia e de assoreamento do reservatório do rio Passaúna. Visou servir de instrumento de análise e simulações na implantação de monitoramento e acompanhamento na adoção de medidas de preservação ambiental, na validação de políticas e na adoção de medidas mitigadoras de controle.

O estudo visou essencialmente caracterizar a procedência dos sedimentos e avaliar o assoreamento ocorrido no reservatório da barragem do rio Passaúna, no

período de 1990 a 2002. Para tanto, definiram-se os objetivos específicos:

- Avaliar qualitativamente o potencial erosivo da bacia hidrográfica através da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo – USLE para classificar possíveis áreas-fonte de material;
- Estudar a distribuição dos parâmetros texturais do material sedimentar acumulado no reservatório da barragem, mediante análise granulométrica do material inorgânico de amostras de sedimentos de fundo e da descrição de composição granulométrica e estruturas sedimentares de testemunhos verticais dos depósitos;
- Avaliar o estado atual de assoreamento e sua relação com a ocupação da bacia hidrográfica, visando propor medidas de mitigação do processo erosivo na bacia hidrográfica e do assoreamento do reservatório.

## ESTUDOS ANTERIORES

Os primeiros estudos, desenvolvidos nas décadas de 40 e 50, mostram uma preocupação em quantificar o aporte de sedimentos por índices e fórmu-

las de transporte da descarga sólida fluvial (Whitzig in Ponçano 1981). As pesquisas seguintes visavam investigar o material depositado nos reservatórios com avaliação do transporte e deposição dos sedimentos (Suguio 1973, Perkins & Culbertson in Ponçano 1981). Os estudos posteriores procuraram avaliar o processo de assoreamento segundo as características do ambiente (local do reservatório, seus entornos e área da bacia hidrográfica), os condicionantes geológicos e geotécnicos, a caracterização do material depositado e as fontes geradoras desse material (Ponçano 1981, Eletrobrás 1991, Carvalho 1991/1994, Suderhsa 1998, Carvalho et al. 2000). Mais recentemente, estudos integrados sobre os diversos fatores que interferem no assoreamento de reservatório consideram o meio ambiente e têm aplicação de sistema de informações georreferenciadas (Silva et al. 1993, Diniz 1998, Pinto 1998) e aplicação do assoreamento na definição de geoindicadores ambientais em áreas urbanas, com base em estudos de assoreamento em reservatórios urbanos e ações antrópicas (Campos et al. 1998, Grecchi & Pejon 1998, Ridente et al. 1998, Wilson Jr. 1998, Campagnoli 2002).

## MATERIAIS E MÉTODOS

As principais atividades desenvolvidas, apresentadas de modo resumido na figura 2, foram:

a) Aquisição de informações básicas sobre a área da bacia hidrográfica, a montante da barragem através de análise bibliográfica, visitas a campo e compilação de dados em mapas digitais georreferenciados.

As informações sobre os solos da bacia hidrográfica utilizadas no estudo foram obtidas no mapa do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná (Iapar 1981, Embrapa 1984).

As informações sobre a vegetação na bacia hidrográfica foram obtidas no *Relatório Parcial dos Estudos da Atualização do Zoneamento Ecológico - Econômico da área de Proteção Ambiental do Passaúna* (Cobrape 2000). Os dados sobre a vegetação da bacia hidrográfica do rio Passaúna, referente aos anos 1991 e 2000 adotados neste estudo, seguem o sistema de classificação da vegetação brasileira do IBGE (Veloso 1991).

Os dados pluviométricos foram obtidos do posto da ANEEL (Suderhsa 2002), e adotada precipitação média mensal de 133,06 mm e precipitação média anual de 1571,0 mm;

b) Avaliação do potencial erosivo da bacia hidrográfica com análise multitemporal do uso e ocupação do solo e do processo erosivo visando avaliar as

diferenças ocorridas no período 1991 a 2000. Foi conduzida através da elaboração de mapas georreferenciados e da análise dos dados referentes aos anos de 1991 e 2000.

b.1) Determinação do potencial erosivo na bacia a partir do fator erosividade (R), fator erodibilidade do solo (K), fator topográfico (LS) e fator de uso, ocupação e práticas conservacionistas (CP), com determinação do potencial erosivo teórico, através da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo – USLE. A erosividade foi obtida com aplicação da equação desenvolvida por Rufino (1993), e os dados de distribuição pluviométrica anual foram fornecidos pela Suderhsa (2002).

Os dados sobre os solos da bacia hidrográfica foram retirados do mapa de solos do Iapar (1981). O fator erodibilidade foi atribuído a partir da classificação do solo da bacia hidrográfica (Roloff 2002).

Para a obtenção dos valores para o parâmetro fator topográfico, utilizou-se a base cartográfica digital da Suderhsa (2000) - escala 1:10.000, em função da classe de declividade (Kok et al. 1995), para a criação do modelo digital do terreno.

Os dados do uso e ocupação da área da bacia hidrográfica foram obtidos para o ano de 1991 e 2000 (Comec 1995 e Cobrape 2000, respectivamente) a partir dos estudos de zoneamento ecológico-econômico da área de proteção ambiental do Passaúna. As categorias de uso, ocupação e práticas conservacionistas adotadas correspondem aos valores estabelecidos por Stein et al. (1987) (figura 3). Através do aplicativo *Spatial Analyst* do software ArcView, com sobreposição dos mapas gerados, foram obtidos os mapas de potencial erosivo para os anos 1991 e 2000.

c) Na caracterização da distribuição granulométrica do material depositado no fundo do reservatório, foram efetuados:

c. 1) Trabalho de campo para caracterizar o fundo através de imagens de sonografia, realizadas com o equipamento Klein Side Scan Sonar modelo 530, de propriedade do IPT, transportado por barco de pequeno porte da Suderhsa. Interpretação das imagens segundo métodos de Souza (1988, 1995) e Souza et al. (1996 a). Justaposição das imagens com uso do software PANAVUE;

c. 2) Coleta de amostras com *box corer*, do material inconsolidado de fundo, analisadas em laboratório pelo método de pipetagem e peneiramento, com determinação da composição granulométrica e análise do teor de matéria orgânica (Suguio 1973, Coimbra et al. 1999). Foram calculados parâmetros texturais de Folk & Ward (1957), com uso do software Sysgran 2.4, desenvolvido

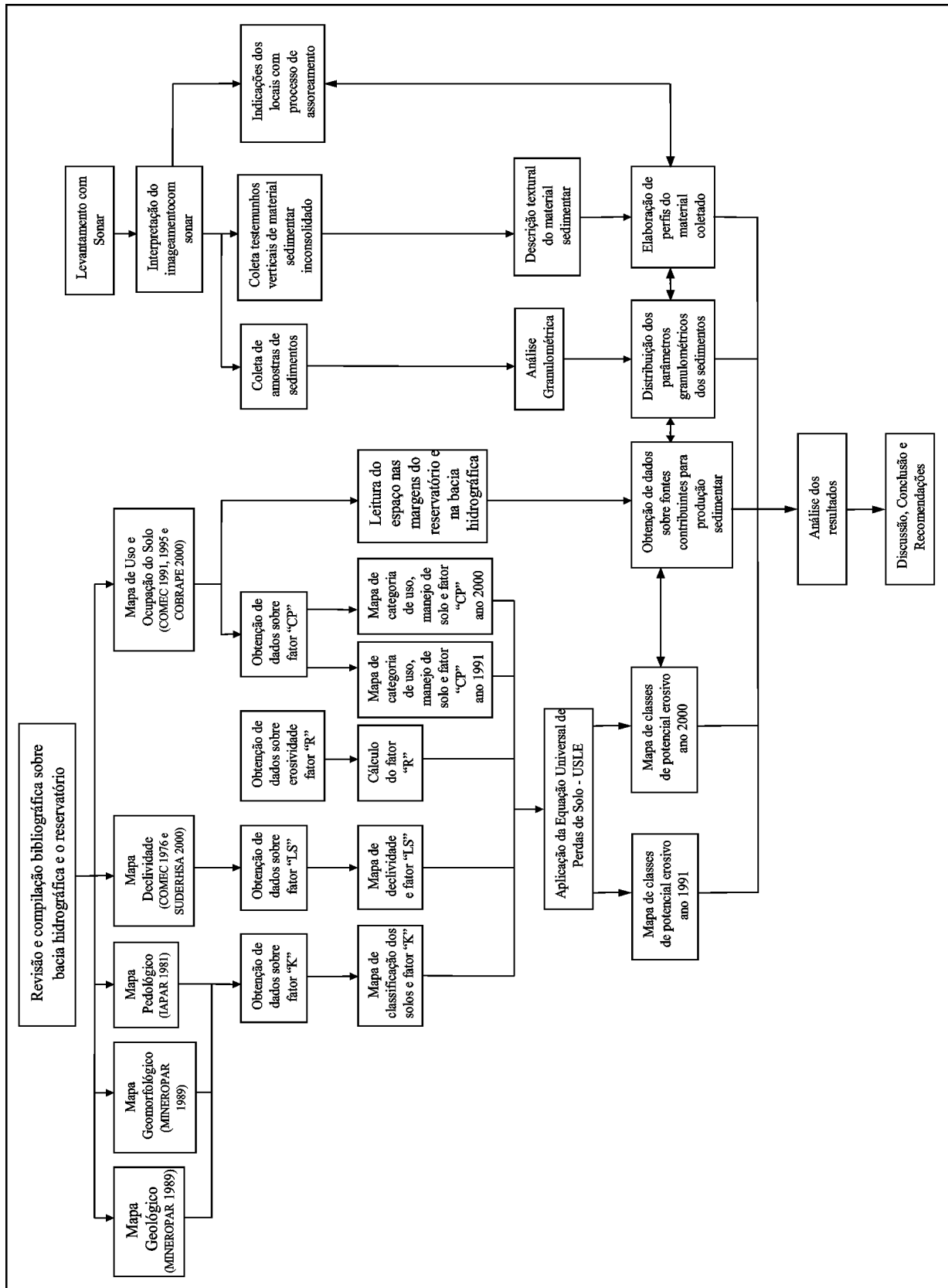


Figura 2: Fluxograma das atividades realizadas neste estudo. Flowchart of the activities carried out in this study.

por Camargo (1999);

c.3) Coleta de material sedimentar de fundo com testemunhador vertical e descrição de composição granulométrica e estruturas sedimentares;

c.4) Avaliação das áreas-fonte de contribuição na produção de sedimentos com visitas a campo e registros fotográficos da área da bacia hidrográfica e das margens do reservatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição pluviométrica anual é variável. Neste estudo foi utilizada a média mensal plurianual de 133,06 mm (Suderhsa 2002). Observaram-se picos máximos nos meses de janeiro e fevereiro e picos mínimos nos meses de abril e agosto. A irregularidade dessa distribuição, ante os processos erosivos, deve ser observada quando ocorrem precipitações intensas nos meses de março a junho, período após a colheita e preparo para o próximo replantio. O planejamento de intervenções no solo deve prever a irregularidade na distribuição dos eventos pluviométricos e principalmente a recorrência de episódios anômalos, nesse caso mais problemáticos no período das chuvas e importantes, se coincidentes com o solo exposto e arado, como se denota do mês de março e setembro de 1988, com precipitação de 265,3 mm e 379,8 mm, respectivamente.

### 1. Quanto ao Potencial erosivo da bacia hidrográfica

O desenvolvimento da região e o uso indiscriminado do solo levaram praticamente à erradicação das florestas. As florestas, mesmo quando situadas em solos de baixa produtividade, além de seus aspectos paisagísticos, exercem insubstituíveis funções no que concerne à preservação de importantes comunidades de animais e de plantas (McNeil in Silva *et al.* 1993). Contribuem para a manutenção da qualidade do meio ambiente, não somente através de sua influência sobre fatores climáticos, mas principalmente, mediante controle quase total da erosão (Wischmeier & Smith 1978, Bertoni & Lombardi Neto 1985, McNeil in Silva *et al.* 1993).

Atualmente a vegetação natural mais expressiva é caracterizada por pequenas áreas de floresta aluvial (mata ciliar) e capoeirão, que representam apenas 5,53% da área da bacia hidrográfica.

A cobertura vegetal pouco desenvolvida ocasiona forte escoamento superficial e denudação rápida do terreno com fornecimento de muitos detritos para os sis-

temas fluviais (Suguio & Bigarella 1979).

Observam-se pastagens ou áreas agrícolas substituindo florestas ou campos naturais tornando-se cada vez mais a agricultura a vegetação predominante na área estudada. A partir da comparação do uso e ocupação do solo dos anos 1991 e 2000 (figura 3) nota-se incremento em torno de 13% para as áreas ocupadas com agricultura, pastagem, cultura permanente e desmatamento, onde predomina a cobertura vegetal mais baixa, com maior ação de intervenção no solo, acelerando o processo erosivo, e redução da ordem de 6% nas áreas de preservação ocupadas por floresta aluvial, campo, reflorestamento e várzea.

Na avaliação do potencial erosivo foi elaborado um mapa com diferentes classes potenciais com base na aplicação da equação Universal de Perdas de Solo – USLE, com a qualificação pela erosão laminar (entre sulcos) e a indicação das áreas críticas (figura 4). Por esse método foram definidos valores relativos, utilizados para estabelecer faixas de valores que indicam áreas com maior ou menor potencialidade erosiva. Foram identificadas áreas da bacia hidrográfica, 32,8%, com potencial extremamente alto, consideradas mais críticas à expectativa de ocorrência de erosão.

Observa-se no mapa de potenciais erosivos, quando cotejado com os mapas de solos e de uso e ocupação (figura 5), para o ano 2000, que as áreas caracterizadas como mais críticas estão principalmente relacionadas com o tipo de solo da região e ao uso e ocupação desse solo.

As áreas mais críticas, com índices extremamente altos, têm maior ocorrência nas áreas com solos constituídos de perfis mais imaturos. Esses solos ocupam 70,39% da bacia hidrográfica. São representados por associação dos Podzólicos Vermelho-amarelo Álico Tb com Podzólico Vermelho-amarelo Álico (PVa21), Cambissolo Álico e Litólicos Distróficos (Ca37) e Cambissolo Álico Tb (Ca5), com ocupação por agricultura. Nas áreas com esses mesmos solos, porém ocupadas com vegetação arbórea, campo e reflorestamento, ocorrem as classes com menores potenciais erosivos, que não se caracterizam como áreas muito críticas.

Nas áreas de solos com horizontes mais evoluídos representados por Latossolo Vermelho-escuro Distrófico A (LEd3) e Latossolo Vermelho-amarelo Álico (LVa6), ocorrem com maior frequência os índices de potencial muito alto para as áreas com agricultura, e o índice de potencial alto para as áreas com vegetação arbórea.

Nas áreas de ocorrência de solos associados Latossolo Vermelho-amarelo Álico e Cambissolo Álico Tb (LVa12 e LVa13) há predominância da classe de po-

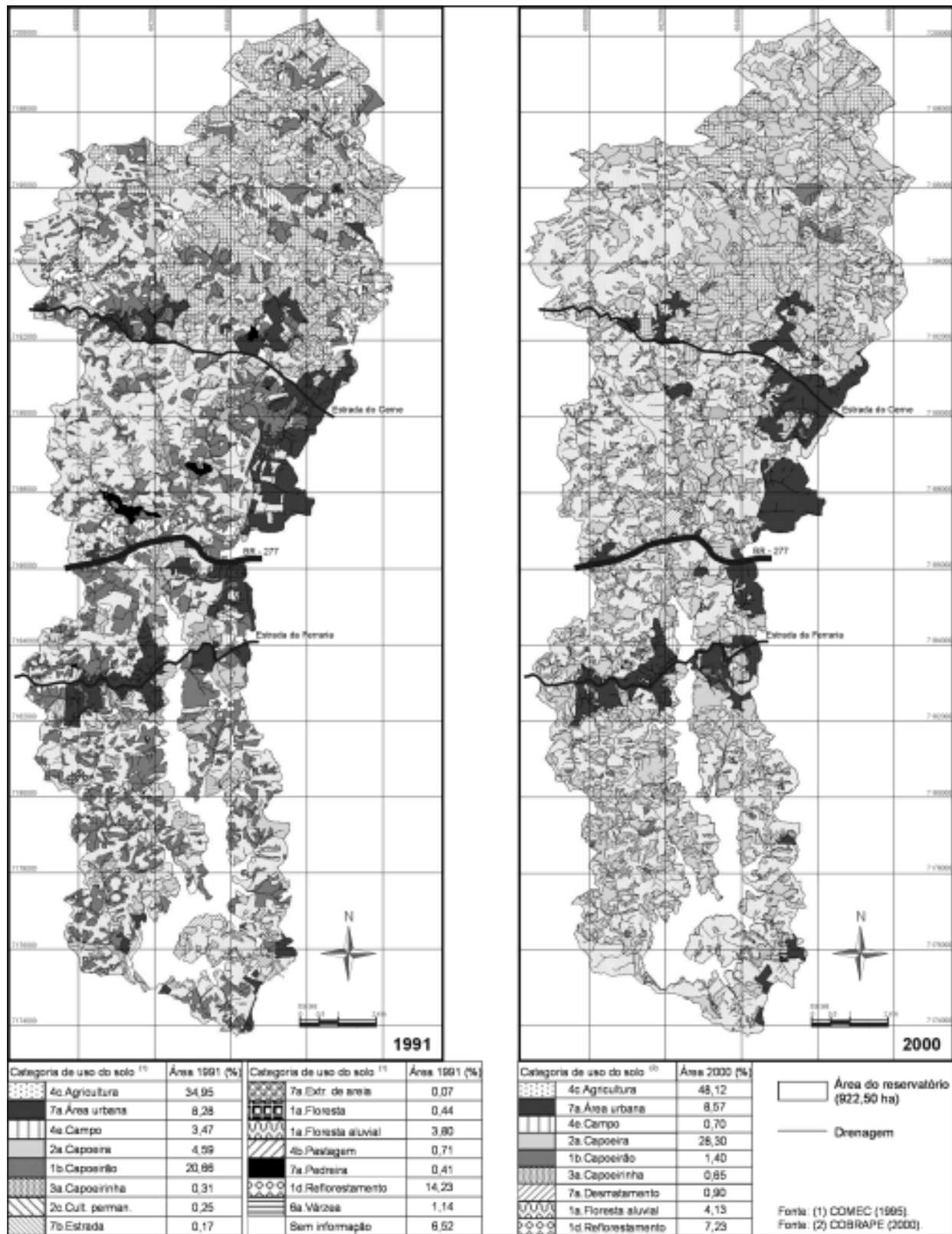


Figura 3 - Comparação entre os mapas de categoria de uso, manejo e prática conservacionista, de 1991 e 2000, para a bacia hidrográfica do reservatório Passaúna. Comparison between the maps of the category in use, handling and practical conservationist, of 1991 and 2000, for the hydrographic basin of the Passaúna reservoir.



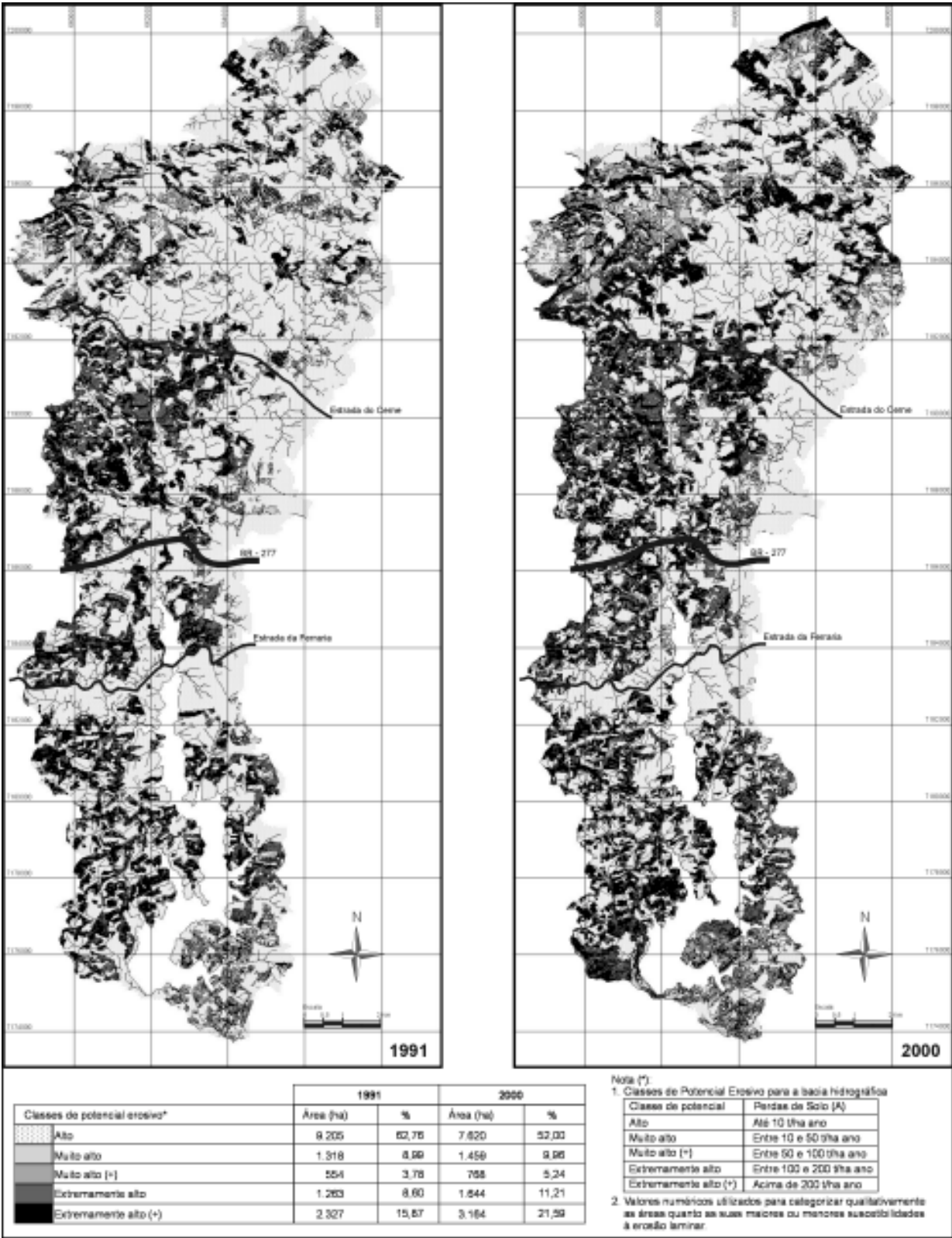


Figura 4 - Comparação entre os mapas de classes de potencial erosivo, obtido através da Equação o Universal de Perdas de Solo, para os anos de 1991 e 2000, para a bacia hidrográfica Passaúna. Comparison between the maps of the erosive potencial class, elaborated by the Universal Soil Losses Equation - USLE, of 1991 and 2000, for the hydrographic basin of the Passaúna reservoir.



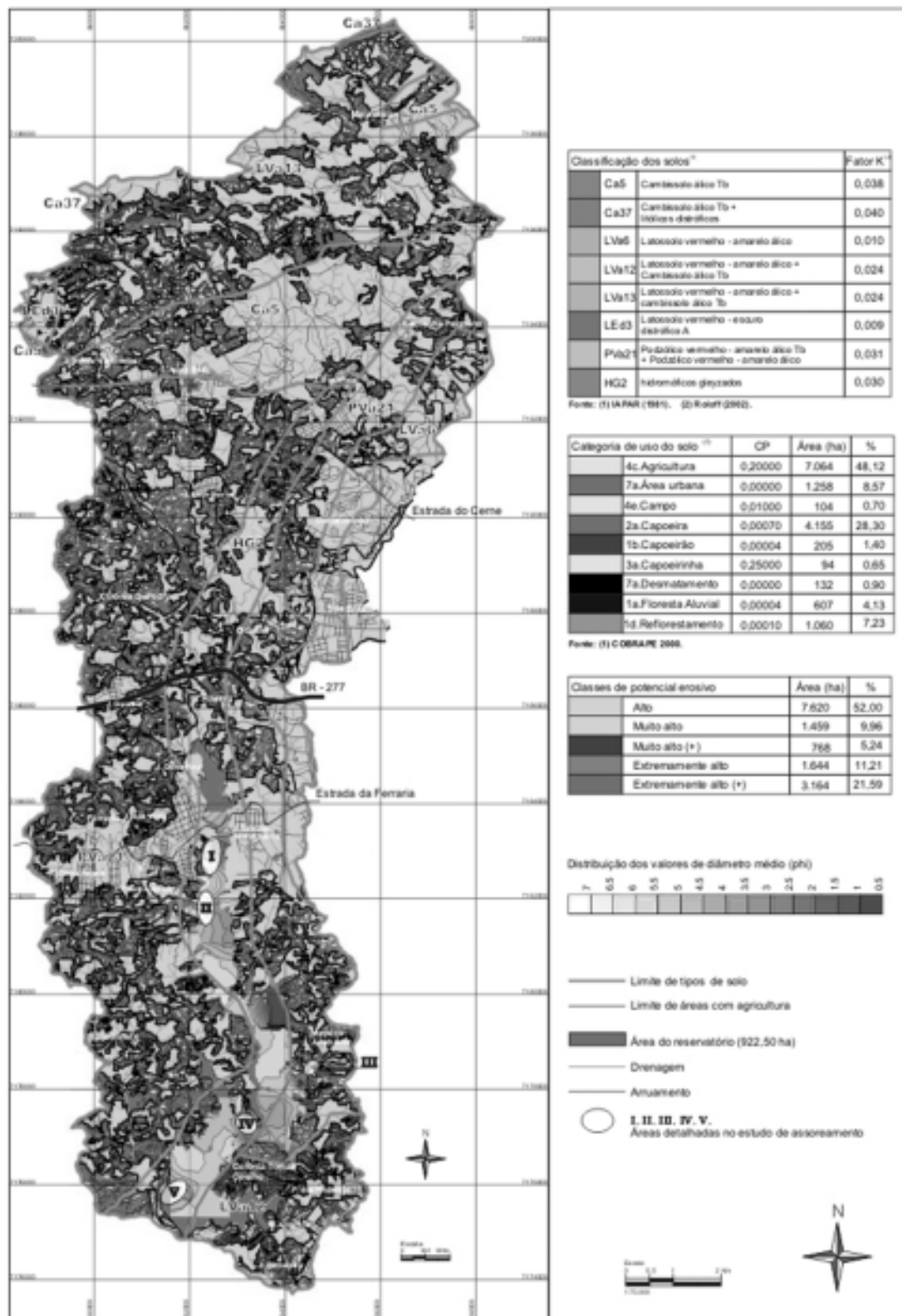


Figura 5 - Mapa com associação do potencial erosivo, tipo de solo e uso e ocupação do ano 2000, para bacia hidrográfica. Indicação de áreas com estudo detalhado no reservatório. Map with association of the erosive potential, type of soil, use and occupation, of year 2000, for the hydrographic basin. Indication of areas with detailed studies in the reservoir.

tencial alto para as áreas de vegetação arbórea e, ocorrem áreas com potencial muito alto intercaladas a pequenas áreas de potencial extremamente alto nas áreas ocupadas por agricultura.

Observa-se que na bacia hidrográfica do reservatório houve crescimento no processo erosivo decorrente do uso e ocupação do solo, com aumento da área de agricultura e desmatamento (ações antrópicas), em áreas com solos constituídos de perfis mais imaturos (fator natural), provocando mudanças no comportamento hídrico da região e no transporte do material ao reservatório. Os resultados deste estudo corroboram com as considerações de Silva et al. (1993) no que se refere à ocupação de solos já cultivados em relação aos solos não explorados e ocupados por florestas, e que o desbravamento de novas áreas pode provocar danos ecológicos, particularmente se realizados em solos de alto risco.

No período 1991 - 2000, o potencial erosivo da bacia hidrográfica aumentou em torno de 10% para as classes de potencial erosivo muito alto e extremamente alto, com conseqüente redução na conservação e preservação do solo. Isso resultou no crescimento do material carregado e depositado no reservatório.

## 2. Quanto às áreas-fonte de contribuição

Observou-se, neste estudo, através da análise granulométrica do material depositado no fundo do reservatório e a área-fonte, que as ações antrópicas na área da bacia hidrográfica geram problemas na conservação e preservação do solo, com a produção de sedimentos, constatados na área urbana, industrial e rural. Esse material é transportado até o reservatório pelos cursos d'água, devido principalmente à erosão do solo superficial.

Na área da bacia hidrográfica, a produção de sedimentos é provocada por:

- a) Desmatamento de zonas ribeirinhas e de fundos de vales;
- b) Aragem do solo no sentido da declividade do terreno na área agrícola, para lavouras de ciclo curto, em rotação (batata, milho, feijão, intercalado com hortaliças e pequenas pastagens);
- c) Plantio muito próximo às margens do reservatório, sem adoção de práticas conservacionistas;
- d) Formação de pastagens em áreas de declividade alta com solos rasos e pobres, que são expostos pelo pastoreio intenso e pelo pisoteio;
- e) Destruição total da vegetação arbórea, inclusive de topos e fundo de drenagens;

- f) Floresta degradada como resultado de pequenos e sucessivos desmatamentos, com devastação pontual ou de áreas de potencial paisagístico, como ocorreu em área de hipismo e de pesque-pague;
- g) Abandono de áreas cultivadas e abertura de novas áreas para plantio utilizando-se de queimadas, ameaça aos pequenos bolsões de floresta nativa que ainda se preservam em meio às áreas de reflorestamento;
- h) Áreas de empréstimo às obras da barragem Passaúna, localizadas na margem direita próximo à barragem, abandonadas sem reposição florestal;
- i) Terraplanagem de grandes áreas com remoção total da matéria orgânica;
- j) Leito de estradas sem revestimento e sem obras de canalização das águas pluviais, ausência de revegetação e de obras de contenção de encostas nos taludes de corte, ausência de pavimentação;
- k) Abertura de loteamentos, segundo modelo quadriculado, com traçado de arruamentos cortando abruptamente as linhas de fortes declives, com remoção de todo o solo superficial, expondo sedimentos altamente erosivos e impermeáveis, destruição da vegetação e soterramento dos canais naturais de drenagens, diminuição da infiltração da chuva no subsolo, impermeabilização excessiva dos terrenos;
- l) Loteamentos implantados em áreas permanentemente alagadas sem saneamento básico (esgoto, pavimentação de ruas, obras de drenagem superficial). Abertura de valas, para lançamento *in natura* do esgoto doméstico no sistema de drenagem local ou no leito das ruas sem pavimentação;
- m) Implantação de posto de gasolina e área de aterro sanitário e lixão abandonado, sem medidas de monitoramento.

Carvalho (1991), em estudos sobre a erosão, comenta que os fenômenos que intervêm na produção de sedimentos são diversos e que a ação humana é um fenômeno modificador de condições normais. As construções de estradas, obras de terraplanagem em geral, terrenos descobertos para agricultura, desmatamentos para aproveitamento econômico das florestas, construções de obras fluviais, e outros, permitem a maior desagregação dos sólidos e o maior transporte até os cursos d'água.

De maneira geral as condições urbanísticas existentes no ano de 1991, na área da bacia hidrográfica, degeneraram para situações mais críticas, com o aumento das ocupações e condições deficitárias da infraestrutura de saneamento urbano. A análise através de mapas georreferenciados permitiu visualizar as variações espaciais e temporais de uso e ocupação na área da bacia hidrográfica e a localização das áreas-fonte potenciais de contribuição.

Os valores obtidos através da aplicação da USLE, neste estudo, não avaliaram a contribuição gerada pelas áreas com ocupação urbana, que corresponde a 8,57% da área da bacia hidrográfica para o ano 2000. A USLE não se aplica a áreas urbanas.

A pressão a novas ocupações (habitações, serviços, indústrias) face a proximidade de Curitiba, torna essas áreas críticas no sentido de garantir o balanceamento adequado entre a conservação ambiental e a ocupação do território.

As ocupações existentes exigem soluções que passem a ser aplicadas para toda a área da bacia hidrográfica. Soluções que sejam eficientes e justifiquem o investimento público, resultando na ampliação da vida útil do reservatório e na qualidade de vida da população beneficiada com a água desse reservatório.

### 3. Quanto ao assoreamento no reservatório

O método empregado utilizou sísmica de alta resolução (sonar de varredura lateral). Foram feitas imagens do fundo do reservatório, de locais selecionados, que permitiram visualizar a distribuição dos sedimentos e orientar a coleta de amostras do fundo para análise granulométrica, e a coleta de testemunhos verticais para descrição de composição granulométrica e estruturas sedimentares (figura 6). A associação dos resultados permitiu verificar locais de ocorrência de assoreamento no lago, a caracterização da variação na granulometria dos sedimentos, a espessura e a constituição da camada de material depositado na fase pós-enchimento do lago. Com as imagens de sonar foi possível observar, por exemplo, trechos do antigo canal principal do rio Passaúna e de estradas submersas, que apresentam assoreamento (figura 7).

Na área I (figura 5), localizada após a ponte da estrada da Ferraria, verifica-se alargamento do lago e redução na velocidade no fluxo da água. O reservatório recebe contribuição de materiais dos loteamentos situados à montante da ponte sobre a estrada da Ferraria, dos loteamentos São José do Passaúna e Vila Torres, e dos taludes expostos nas margens do reservatório. O testemunho vertical n.º 40, retirado nessa área, apre-

sentou camada de assoreamento pós-enchimento do lago de aproximadamente 17 cm (coloração marrom-amarelado), acumulado sobre regolito, por contribuição direta de talude com solo exposto posicionado na margem direita do reservatório. Observaram-se nas imagens de sonar trechos de antigo tributário e estrada assoreados.

Na área II (figura 5), o lago recebe contribuição da sub-bacia do rio da Ferraria, atualmente ocupada por nove loteamentos, e do tributário que passa pelo loteamento Vila Torres II. O antigo canal do rio Passaúna apresentou-se encoberto pelo material de assoreamento em vários trechos. As áreas no entorno do rio da Ferraria ocupadas por agricultura apresentaram potenciais erosivos muito altos e extremamente altos, com provável contribuição de material inconsolidado ao reservatório.

Na área III (figura 5), localizada no tributário que recebe contribuição do loteamento Morro do Juramento e de sub-bacias laterais, observou-se grande variação na distribuição dos diâmetros médios nas amostras coletadas. Os locais de coleta mais internos do tributário apresentaram sedimentos relativamente mais grossos, o que pode caracterizar maior proximidade da área-fonte. Podem ser oriundos do uso e ocupação das áreas nas margens do reservatório, que foram classificadas como áreas críticas para a produção de sedimentos. Observaram-se, nas imagens de sonar, nos pontos de contribuição das sub-bacias laterais, diferentes texturas na rugosidade do fundo que podem ser decorrentes de diferentes materiais de contribuição e / ou diferenças do regime de fluxo da água.

Na área IV (figura 5), trecho ao longo da margem direita do reservatório, a jusante da curva e estreitamento do lago, observou-se trechos do antigo canal do rio Passaúna e de estradas submersas hoje encobertas pela sedimentação de material. O material depositado deve ser proveniente das margens, área com características rurais e, pela localização desta área no reservatório, é local de mudança de direção e alteração na velocidade de fluxo pelo estreitamento do lago.

Na área V (figura 5), próxima à antiga área de empréstimo na fase de obra da barragem (pontos n.ºs 04, 05, 06, 07 e 11), os testemunhos verticais apresentaram espessura na fase pós-enchimento do lago variando de 8 a 22 cm (figura 8).

Observaram-se trechos do antigo canal do rio Passaúna e antigas estradas parcialmente encobertos pelo assoreamento. O material de assoreamento tem origem na área de empréstimo da fase de obra e também posteriormente, devido à ocupação das margens do lago, que nessa região apresentou potenciais erosivos muito altos e extremamente altos, e aos menores teo-

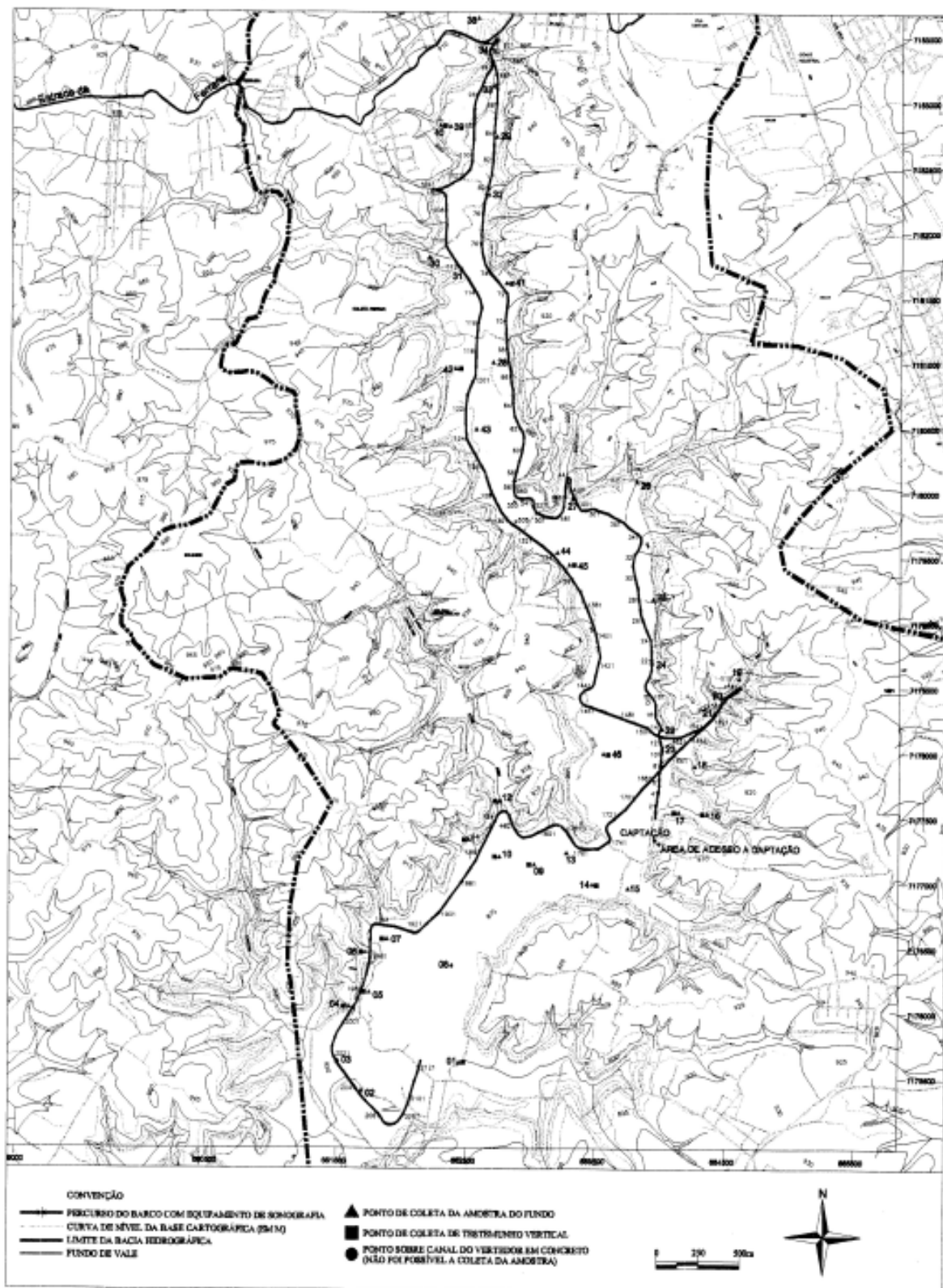


Figura 6 - Roteiro da sonografia realizada com indicação dos pontos de coleta de amostras de sedimentos de fundo e de testemunhos verticais.  
Script of sonar images with places of points sediments samples collection and vertical certifications (sampling points).



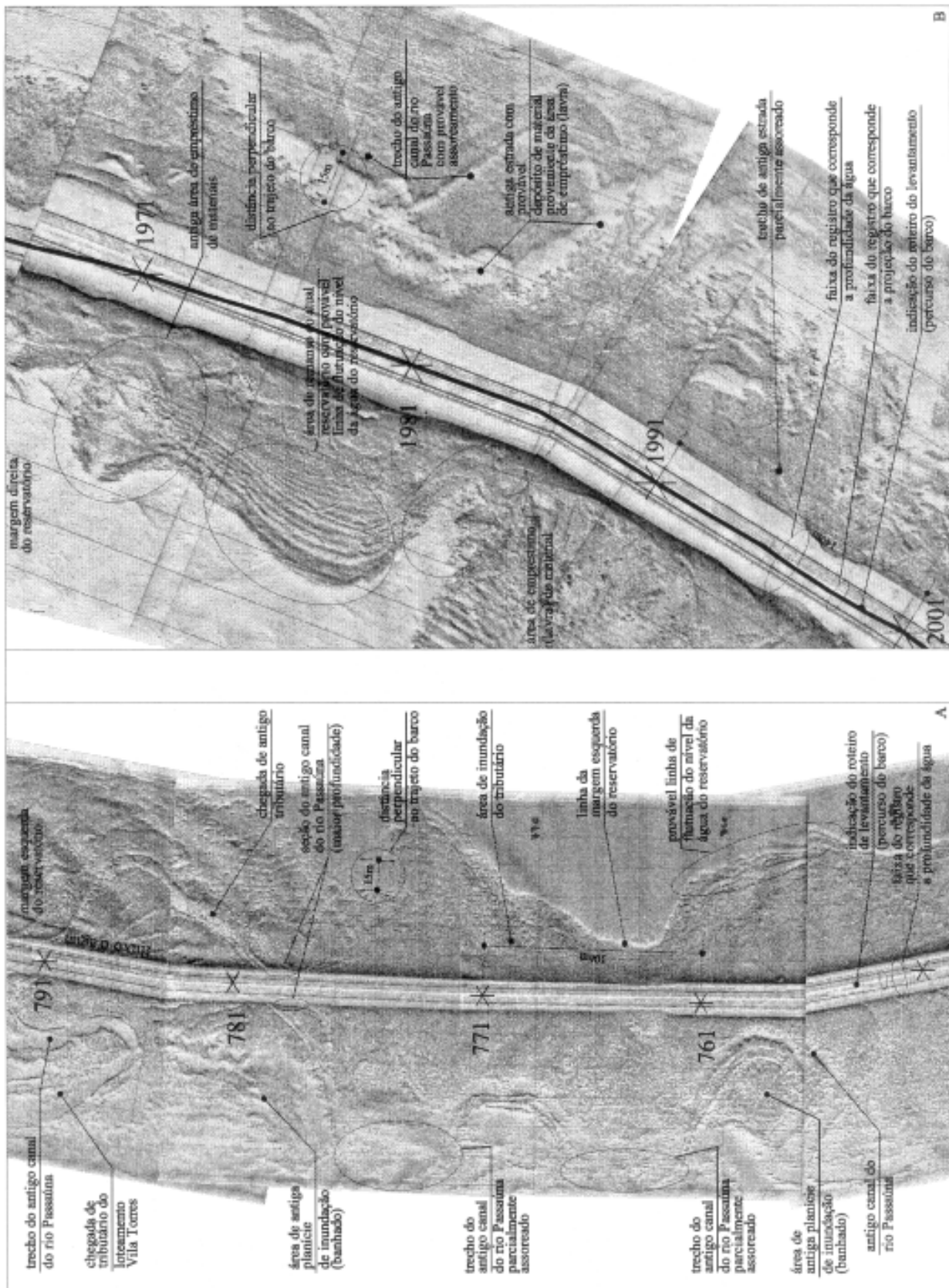


Figura 7 - Interpretação da imagem de sonografia do trecho próximo das estações: A) 751 e 791, B) 1971 e 791, B) 1971 and 2001.

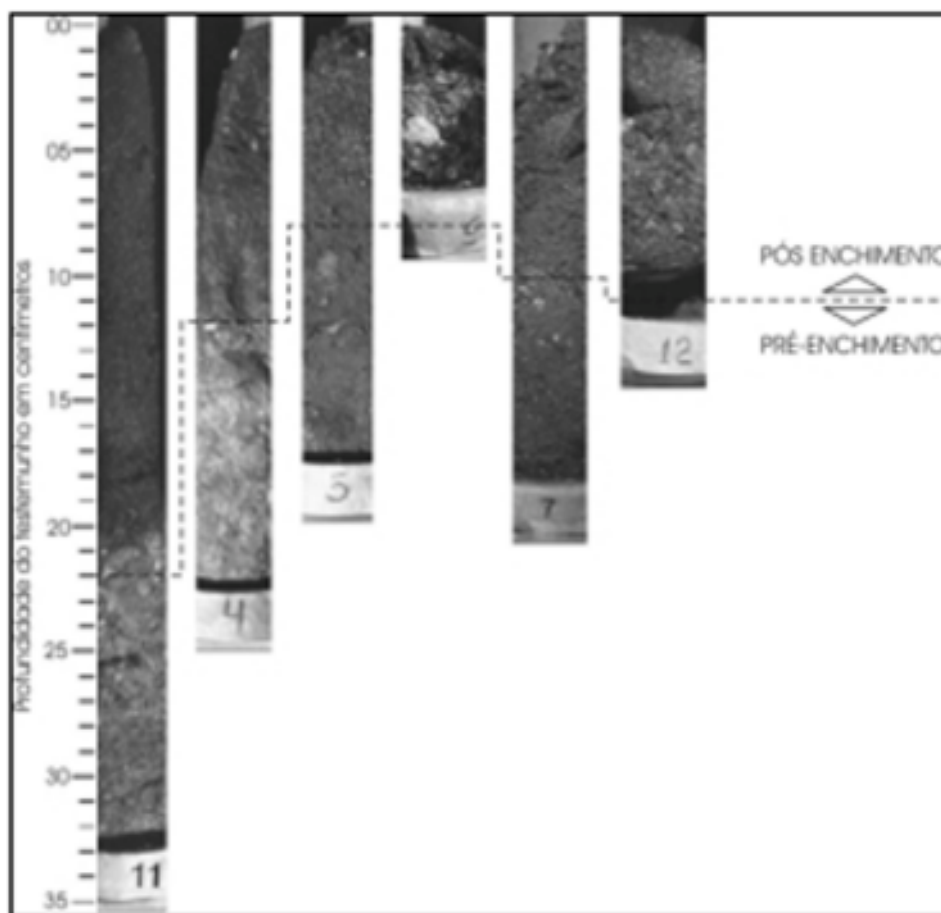


Figura 8 - Perfil característico dos testemunhos verticais coletados nos pontos n.ºs 4, 5, 6, 7, 11 e 12 localizados próximo à antiga área de empréstimo de material para a construção da barragem, na margem direita do reservatório.  
Characteristic profile of the vertical certifications collected in the points n. 4, 5, 6, 7, 11 and 12, located next to the old area of the loan material for the construction of the barrage, on the right edge of the reservoir.

res de matéria orgânica apresentados, se comparados às demais amostras coletadas no reservatório.

Em vários outros locais do reservatório foi verificada a presença de material depositado após o enchimento do lago, cuja espessura foi medida em 18 testemunhos verticais coletados. Variaram de 8 a 36,5 cm, o que significa taxa de sedimentação variando de 0,66 a 3,04 cm / ano, entre 09/1990 e 11/2002, período de existência do reservatório. Dentre os valores encontrados destacaram-se espessuras de 17 cm (testemunho n.º 40) a 36,5 cm (testemunho n.º 8), ou seja, com taxas de sedimentação de 1,42 a 3,04 cm / ano, o que implica perda considerável no volume de acumulação do reservatório nesses locais.

Nos testemunhos verticais n.ºs 14, 41 e 46 foram observadas, na camada correspondente à fase pós enchimento do lago, textura e coloração diferenciadas, identificando mais de um estágio de deposição de material, isto é, material depositado em período e velocidade distintos.

O assoreamento do reservatório tem afetado a qualidade da água e comprometido seu uso para o consumo humano com a criação de condições para a proliferação de algas. O tratamento da água tem exigido aumento no tempo de permanência da água nas unidades de tratamento e a aplicação de vários produtos químicos para manter os padrões exigidos para abastecimento humano (Sanepar 2002).

Carvalho et al. (2000) descreve que os sedimentos não são somente um dos maiores poluentes da água, mas também servem como catalisadores, carreadores e como agentes fixadores para outros agentes poluidores. O sedimento degrada a água para consumo humano, industrial, entre outros. Relata, ainda que produtos químicos e lixo são assimilados sobre e dentro das partículas, tornando-as agentes potencializadores dos problemas causados por pesticidas, agentes químicos provenientes do lixo, resíduos tóxicos, nutrientes e bactérias patogênicas.



## CONCLUSÃO

Do estudo das áreas-fonte potenciais na bacia e do material depositado no reservatório do rio Passaúna conclui-se que:

- a) O desenvolvimento da região e o uso indiscriminado do solo levaram praticamente à erradicação das florestas. Atualmente a vegetação natural mais expressiva é caracterizada por pequenas áreas de floresta aluvial (mata ciliar) e capoeira, que representam apenas 5,53% da área da bacia hidrográfica. A capoeira tem substituído o capoeirão, e constitui um dos focos para ações de recuperação e preservação;
- b) A comparação do uso e ocupação do solo nos anos 2000 e 1991 apresentou incremento em torno de 13% para a área com alteração no uso e ocupação com pastagens ou áreas agrícolas, em substituição a florestas ou campos naturais, e redução da ordem de 6% nas áreas de matas ciliares a serem preservadas e vegetações arbóreas;
- c) A bacia hidrográfica do reservatório foi atingida pelo crescimento do processo erosivo decorrente do uso e ocupação do solo, com aumento da área de agricultura e desmatamento (ações antrópicas) em áreas com solos constituídos de perfis mais imaturos (fator natural), provocando mudanças no comportamento hídrico da região e transporte do material ao reservatório;
- d) O potencial erosivo da bacia hidrográfica aumentou em torno de 10% para as classes de potencial erosivo muito alto e extremamente alto, no período 1991-2000;
- e) Áreas com potenciais erosivos muito altos e extremamente altos na área da bacia hidrográfica são da ordem de 32,8% para o ano 2000;
- f) Da análise da descrição textural dos 18 testemunhos verticais, as espessuras avaliadas variaram de 8 a 36,5 cm. Pode-se estimar taxa de sedimentação variando entre 0,66 e 3,04 cm / ano, para o período de 09/1990 a 11/2002, aproximadamente 12 anos de existência do reservatório;
- g) A composição granulométrica do material de assoreamento coletado do fundo do lago e analisado apresentou grande variação. Esse fato pode ser explicado por diferenças decorrentes:

1. do tipo de material disponível na área-fonte;
2. da distância da área-fonte;
3. da energia e processos envolvidos no transporte e deposição (posição no lago);
4. do eventual retrabalhamento após deposição.

Em áreas próximas às margens com material particulado exposto, pode haver ainda a contribuição direta por erosão hídrica ou por ação da gravidade (escorregamentos, fluxos de detritos), processos gerados em períodos de chuvas mais intensas.

- h) A presença de sedimentos finos siltico-argilosos (lama) encontrados nos resultados da análise granulométrica e na camada superficial dos testemunhos verticais, pode caracterizar deposição pós-enchimento, ocorrida pela redução de velocidade de transporte do material na área do lago;
- i) É muito forte a tendência do aumento da urbanização nas áreas de influência direta da estrada do Cerne e estrada da Ferraria. As condições da infra-estrutura de saneamento dos loteamentos existentes na área da bacia hidrográfica são críticas para a manutenção da qualidade e quantidade da água do reservatório da barragem do rio Passaúna;
- j) Ocorrem transposições viárias sobre o rio Passaúna (BR-277 e estrada da Ferraria), em córregos e fundos de vale, sem os devidos cuidados para minimização de acidentes que podem impactar negativamente na qualidade da água;
- k) A pressão a novas ocupações (habitações / serviços / indústrias), face à aproximação de Curitiba, torna a área da bacia hidrográfica crítica no sentido de garantir o balanceamento adequado entre a conservação ambiental e a ocupação do território.

## RECOMENDAÇÕES

Considera-se que os resultados apresentados inserem-se no início de nova fase de conscientização da disponibilidade e uso dos recursos hídricos, que se tornaram cada vez mais escassos nos últimos 20, 30 anos.

Este trabalho apresentou a variação ocorrida no uso e ocupação da área da bacia hidrográfica do reservatório do rio Passaúna no período de 1991 a 2000 e o processo de assoreamento ocorrido no reservatório no

período 1990 a 2002, que indica a necessidade de ações imediatas que visem manter a condição atual do reservatório e evite o seu abandono como manancial e fonte de recursos hídricos.

Nesse sentido, os resultados alcançados neste estudo ainda necessitam ser complementados e aprofundados numa série de aspectos, sugeridos como desenvolvimentos futuros. Assim, sugere-se:

- a) Coleta sistemática de testemunhos verticais em locais que apresentaram grande espessura de deposição neste estudo, para estimar com maior precisão a taxa de sedimentação efetiva, assim como de sua variação no reservatório;
- b) Pesquisa e estudos com maior detalhamento do fator de erodibilidade (K);
- c) Estudo da qualidade da água do reservatório associado à quantificação do teor de matéria orgânica do material de fundo;
- d) Elaboração de batimetria para todo o reservatório para se estimar o volume do reservatório já assoreado, com periodicidade de 10 anos, para acompanhamento e monitoramento do processo de assoreamento do reservatório;
- e) Desenvolvimento de planos de controle do uso e ocupação do solo, através da implementação das leis existentes para a Área de Proteção Ambiental do Passaúna e aplicação de práticas conservacionistas.

Sugerem-se como ações a serem tomadas:

- a) Controle do desmatamento e replantio de espécies vegetais no entorno do reservatório e na área da bacia hidrográfica. Proteção das capoeiras, com a finalidade de recuperação da vegetação nativa e como medida de melhoria das condições ambientais da bacia, ao mesmo tempo em que cercearia a especulação imobiliária. Adoção de medidas jurídicas, com base na legislação vigente e ações legais promovidas pelo Ministério Público;
- b) Ações de urbanização, pavimentação viária, coleta e adução das águas pluviais, de responsabilidade das prefeituras municipais;
- c) Implantação de sistema de coleta e remoção do lixo, de responsabilidade das prefeituras municipais;
- d) Implantação de sistema de coleta, tratamento e / ou reversão do esgoto sanitário, de responsabilidade da concessionária de abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- e) Monitoramento do lançamento de esgotos sanitários clandestinos no lago da barragem;

- f) Implantação de planos de monitoramento de risco e ambiental, como instrumentos de gestão em programas de recuperação da mata ciliar, como controle da ocupação e uso do solo, como controle da qualidade d'água do reservatório;
- g) Implantação de sinalização e redutores de velocidade em estradas e rodovias que cortam a bacia hidrográfica.

Para a área com características exclusivamente rurais, sugere-se:

- a) Orientação quanto ao despejo dos dejetos animais. Sugere-se orientar os produtores que têm na agricultura (lavouras, pecuária, olericultura) a principal fonte de renda e os dedicados à policultura (não especializados) mudanças no manejo de dejetos, avaliação do uso e localização de esterqueiras descobertas e uso de esterqueira coberta, evitando o despejo de dejetos animais em rios e córregos e a conseqüente contaminação do reservatório;
- b) Orientação quanto ao manejo de agrotóxicos. Sugere-se orientar e sensibilizar os produtores que fazem uso de agrotóxicos e o manejo desses produtos, sobretudo quanto à destinação final das embalagens e ao emprego correto dos agrotóxicos;
- c) Incentivo à adoção de novas tecnologias conservacionistas em pequenas áreas experimentais e sua adoção posterior em maior escala para a bacia hidrográfica;
- d) Estimular práticas de fertilização do solo: correção de acidez, correção de fertilidade por adubação orgânica e eliminação de queimada, visando a melhoria da qualidade dos solos;
- e) Adoção de manejo do solo com relação às práticas de preparo: gradagem profunda, subsolagem e / ou escarificação, aração e gradagem, visando melhorar a qualidade física do solo e a capacidade de absorção de água, condições propícias à conservação e que auxiliam na proteção contra a erosão do solo;
- f) Incentivar a rotação de culturas, adubação verde, pousio, entre outras práticas de manejos, visando à melhoria da produtividade, à conservação e à proteção contra a erosão do solo;
- g) Incentivar a adoção de outras práticas de conservação do solo: enleiramento, cultivo mínimo, plantio direto, plantio em faixas, faixas de

- retenção, patamares vegetados e terraceamento, visando à proteção do solo contra a erosão e melhoria da qualidade do solo;
- h) Incentivar a utilização de áreas de lavoura no inverno com culturas pertinentes e adubação verde, visando à conservação do solo no inverno e melhores condições quando do início das chuvas;
  - i) Adoção de controle das culturas periódicas na área da bacia hidrográfica, dos períodos de plantio e replantio, dos períodos e quantificação de áreas com solos expostos, visando ao monitoramento e à elaboração de medidas preventivas e corretivas para a conservação e preservação do solo.

Considera-se que o conjunto de proposições apresentado pode levar a uma redução na expectativa de erosão da bacia e, conseqüentemente, na taxa de assoreamento do reservatório.

O trabalho evidenciou a importância de uma abordagem integrada dos fatores naturais e antrópicos

responsáveis pela produção de sedimentos por erosão, tendo a bacia de contribuição como unidade de análise, progressivamente levando o foco às situações mais críticas. Concomitantemente aborda-se o resultado da erosão por meio do estudo do assoreamento do reservatório, a partir de uma visualização de sua distribuição espacial e da caracterização do material depositado, estabelecendo as correlações com as áreas-fonte.

Tal encaminhamento metodológico permite discriminar áreas de encostas mais críticas quanto à produção de sedimentos e do reservatório quanto a impactos, possibilitando ações mitigadoras e corretivas mais objetivas e eficazes. Seus resultados, constituem importante ferramenta de gestão ambiental e de recursos hídricos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. 1985. *Conservação do solo*. Piracicaba, Livrocere, 392 p.
- CAMARGO, M. G. 1999. *SYSGRAN para Windows: Sistema de Análises Granulométricas*. [mcamargo@cem.ufpr.br].
- CAMPAGNOLI, F. 2002. *A aplicação do assoreamento na definição de geoindicadores ambientais em áreas urbanas: exemplo na bacia do Alto Tietê, SP*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 195 p.
- CAMPOS, S.P. & SIMÕES, L.B. & RIBEIRO, L.F. & ZIMBACK, C.R.L. 1998. Krigagem ordinária na avaliação da suscetibilidade de solos à erosão. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6, Presidente Prudente, *Resumo*, p. 107.
- CARVALHO, N.O. 1991. *Curso de transporte e dispersão de sedimentos e cálculo da vida útil de reservatórios*. Programa de impactos ambientais de barragens, Convênio de cooperação técnica SUREHMA/GTZ, 227 p.
- CARVALHO, N.O. 1994. *Hidrossedimentologia prática*. Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais – CPRM / Eletrobras, 372 p.
- CARVALHO, N.O. & FILIZOLA JUNIOR, N.P. & SANTOS, P.M.C. & LIMA, J.E.F.W. 2000. *Guia de práticas sedimentológicas*, Aneel - Agência Nacional de Energia elétrica, 154 p.
- CARVALHO, N.O. & FILIZOLA JUNIOR, N.P. & SANTOS, P.M.C. & LIMA, J.E.F.W. 2000. *Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios*, Aneel - Agência Nacional de Energia Elétrica, 132 p.
- COBRAPE- COMPANHIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS. 2000. *Relatório parcial dos estudos da atualização do zoneamento ecológico-econômico da área de proteção ambiental do Passaúna*. 200 p.
- COIMBRA, A.M. & GOES, A.M. & YAMOTO, J.K. 1999. *Análise granulométrica de sedimentos*. Notas de aula.
- COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. 1995. Escala 1:150.000. *Zoneamento ecológico-econômico da APA estadual do Passaúna*. Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. Curitiba, PR.
- DINIZ, N.C. 1998. *Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para a avaliação ambiental*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Epusp, Tese de Doutorado, 2 v. 297 p.
- ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras. 1991. Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros. *Relatório do IPH/UFRGS*. Rio de Janeiro.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1984. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro, RJ/Projeto Especial Levantamento de Solos. Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina, Embrapa / Iapar. *Boletim técnico*, 16. 413p. Tomo I.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27:3-27.

- GOLDEN SOFTWARE INC. 1990. *Surfer v.7 – User's guide*. Golden: Golden Software.
- GRECCHI, R.C. & PEJON O.J. 1998. Estudos geoambientais da região de Piracicaba - SP, focalizando o problema de erosão linear, com auxílio do sistema de informação geográfica. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6, Presidente Prudente, *Resumo*, p. 105.
- IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. 1981. Londrina, *Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Mapa escala 1:600.000, 1 CD-ROM. AKI
- KOK, K. & CLAVALUX, M.B.W. & HEEREBOUT, W.M. & BRONSVELD, K. 1995. Land degradation and land cover change detection using low – resolution satellite images and the Corine database: a case study in Spain. *ITC Journal*, 3:217-228.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. 1989. *Mapa Geológico do Estado do Paraná*. Curitiba, Mineropar: DNPM. 1 mapa: color. 100 x 130 cm. Escala 1:650.000.
- PINTO, S.A.F. 1998. Geoprocessamento aplicado à caracterização de indicador da erosão do solo: Exemplo da bacia hidrográfica do Ribeirão Claro - SP. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6, Presidente Prudente, *Resumo*, p. 106.
- PONÇANO, W.L. 1981. Metodologia para estudo de assoreamento de reservatório (III). Roteiro para estudos de reservatórios no Sul e Sudoeste brasileiros. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 3, Itapema. *Anais...*, v.2: p. 331-353.
- RIDENTE JR., J.L. & CERRI, L.E.S. & CANIL, K. & IWASA, O.Y. & AUGUSTO FILHO, O. 1998. Risco potencial de erosão da área urbana e periurbana de São José do Rio Preto - SP, visando à prevenção. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6, Presidente Prudente, *Resumo*, p. 125.
- ROLOFF, G. 2002. *Determinação do fator K*. Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR, Curitiba.
- RUFINO, R. L. 1993. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná, terceira aproximação. *R. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, 17:439-444.
- SALAMUNI, E. & SALAMUNI, R. & EBERT, H.D. 1999. Contribuição à geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba - PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, 47:123-142.
- SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná & CONSILIU – Projetos e Consultoria Ltda. 2002. *Planos de uso e ocupação das águas e do entorno dos reservatórios dos rios Iraí, Piraquara I e Passaúna na Região Metropolitana de Curitiba*. Curitiba, Paraná.
- SILVA, J.R.C. & DEGLORIA, S.D. & PHILIPSON, W.R. & MCNEIL, R.J. 1993. Estudo da mudança de uso da terra através de um sistema de análise georreferenciada. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 17:451-457.
- SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná. 2003. *Relatório de Temperaturas para Curitiba*.
- SOUZA, L.A.P. 1988. *As técnicas geofísicas de sísmica de reflexão de alta resolução e sonografia aplicadas ao estudo de aspectos geológicos e geotécnicos em áreas submersas*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, SBG, v.4, p. 1551-1564.
- SOUZA, L.A.P. 1995. *A planície costeira cananéia – Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo: Um exemplo de utilização de métodos geofísicos no estudo de áreas costeiras*. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Dissertação de Mestrado, 207 p.
- SOUZA, L.A.P. & TESSLER, M.G. & GALLI, V.L. 1996. O Graben de Cananéia. *R. Bras. Geol.*, 26:139-150.
- SOUZA, L.A.P. & MELLO, I.S.C. & CAMPAGNOLI, F. & MOTTA, J.F.M. 1996. Algumas características dos depósitos de assoreamento do Reservatório de Guarapiranga. In: Workshop sobre a qualidade da água do Guarapiranga, São Paulo, SMA.
- STEIN, D.P. & DONZELLI, P.L. & GIMENEZ, F.A. & PONÇANO, E.L. & LOMBARDI NETO, F. 1987. *Potencial de erosão laminar, natural e antrópica na Bacia do Peixe - Paranapanema*. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, Marília. *Anais...*, ABGE/DAEE, p. 105-135.
- SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. 1998. *Atlas de recursos hídricos do Estado do Paraná*.
- \_\_\_\_\_. 2000. *Base Cartográfica Digital*, escala 1:10.000. Curitiba.
- \_\_\_\_\_. 2002. *Relatório de precipitação da estação da barragem Passaúna*. Curitiba, PR.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo, Edgar Blücher, Universidade de São Paulo, 317 p.
- SUGUIO, K. & BIGARELLA, J. J. 1979. *Ambiente fluvial*. Ambientes de sedimentação sua interpretação e importância. Universidade Federal do Paraná, Associação de Defesa e Educação Ambiental, Curitiba, p. 22-38.
- VELOSO, H. P. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, 123 p.
- WILSON Jr., G. 1998. Variações morfológicas na bacia hidrográfica do rio Iguaçu - RJ, devido às ações antrópicas. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 6, Presidente Prudente, *Resumo*, p. 95.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. 1978. *Predicting rainfall erosin losses a guide to conservation planning*. Washington, USDA. Agriculture handbook, 537. 58 p.

Recebido em 05 ago. 2003

Aceito em 15 jun. 2004